

Fyzikální praktikum 9 - Bezkontaktní měření teploty

Petr Šafařík

23. května 2006

Obsah

1	Podmínky	2
2	Zadání	2
3	Teorie	2
4	Měření emisivity	3
4.1	Postup	3
4.2	Naměřené hodnoty	3
4.2.1	Zahřívání destičky	3
4.2.2	Chladnutí lesklé strany destičky	4
4.3	Měření teploty černého tělesa	4
5	Závěr	5

1 Podmínky

Teplota: 20, 45°C

Tlak: 73,95mm

Vlhkost: 61%

2 Zadání

Tentokrát byl úkolem určit emisivitu destičky, její teplotní závislost. Dále pomocí pyrometru a termočlánku určit teplotu černého tělesa a nakonec jsem určil časovou konstantu infračerveného pyrometru.

3 Teorie

Víme, že pro záření absolutně černého tělesa platí Stefan-Boltzmannův zákon:

$$H = \sigma \cdot T^4 \quad (1)$$

kde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \text{K}^4$

Kde H je celková intenzita vyzařování absolutně černého tělesa a σ Stefanova-Boltzmannova konstanta. Vyzařování libovolného tělesa se stejnou teplotou, proto tedy při stejné vlnové délce a stejné teplotě nemůžeme žádný skutečný objekt eliminovat více záření, než absolutně černé těleso. Stefanův-Boltzmannův zákon platí jen pro absolutně černé těleso, pro jiné zářiče musíme teplotu T_0 přepočítat.

Zavádí se zde nová veličina charakterizující materiál nazývaná emisivita. Značíme ji jako ε a definujeme:

$$\varepsilon = \frac{H}{H_0} \quad (2)$$

kde H_0 je celková intenzita vyzařování absolutně černého tělesa s teplotou měřeného tělesa a H je naměřená celková intenzita vyzařování. Tedy emisivita je poměr energie záření emitovaného skutečným tělesem a energie emitovaného absolutně černým tělesem při stejné teplotě.

Pyrometr detekuje určité záření H , kterému pomocí Stefanova-Boltzmannova zákona přisoudí teplotu TP:

$$H = \sigma \cdot T_p^4 \quad (3)$$

Měřený předmět má teplot T_T , absolutně černé těleso by tedy zářilo intenzitou:

$$H_0 = \sigma \cdot T_T^4 \quad (4)$$

Emisivitu jsme si zavedli jako poměr dvou intenzit ($\varepsilon = \frac{H}{H_0}$). Po dosazení pak vychází

$$\varepsilon = \left(\frac{T_p}{T_T}\right)^4 \quad (5)$$

Je-li pyrometr už předem cejchován na určitou emisivitu ε_0 , pak z předešlých vztahů plyne:

$$H = \varepsilon_0 \cdot \sigma \cdot T_p^4 \quad (6)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \left(\frac{T_p}{T_T}\right)^4 \quad (7)$$

4 Měření emisivity

4.1 Postup

1. Pro několik teplot změříme teplotu absolutně černého tělesa.
2. Z naměřených křivek $u(t)$ vyhodnotíme relaxační dobu poklesu i růstu teploty

4.2 Naměřené hodnoty

4.2.1 Zahřívání destičky

	<i>Termoclanek</i> (°C)	<i>Pyrometr</i> (mV)	<i>Pyrometr</i> (°C)
1	52	249	24,9
2	94	963	96,3
3	148	1443	144,3
4	188	1831	183,1
5	206	1963	196,4
6	229	2153	215,3
7	240	2265	226,5
8	260	2406	240,6
9	272	2503	250,3
10	280	2567	256,7
11	292	2653	265,3
12	304	2755	275,5

Pozn.: Vše bylo rozehráno zřejmě ještě z minulého praktika, takže počáteční hodnoty u destičky jsou relativně vysoké

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \left(\frac{T_p}{T_T}\right)^4$$

$$\bar{\varepsilon} = 0,87958$$

$$\delta\varepsilon = 0,03957$$

$$\delta_r\varepsilon = 4,49\%$$

4.2.2 Chladnutí lesklé strany destičky

	<i>Termoclanek</i> (°C)	<i>Pyrometr</i> (mV)	<i>Pyrometr</i> (°C)
1	315	2081	208,1
2	297	1947	194,7
3	273	1807	180,7
4	256	1587	158,7
5	241	1490	149,0
6	225	1417	141,7
7	205	1280	128,0

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \left(\frac{T_p}{T_T}\right)^4$$

$$\bar{\varepsilon} = 0,99398$$

$$\delta\varepsilon = 0,00142$$

$$\delta_r\varepsilon = 1,43\%$$

4.3 Měření teploty černého tělesa

	$U[mV]$	$T_p[K]$	$T_t[K]$	ε
1	1003	373,45	374,15	0,992537
2	979	371,05	371,15	0,998923
3	939	367,05	368,15	0,988102
4	935	366,65	368,15	0,983802
5	920	365,15	366,15	0,98912
6	900	363,15	364,15	0,989061
7	870	360,15	362,15	0,978092
8	853	358,45	360,15	0,981252
9	841	357,25	359,15	0,979006

$$\bar{\varepsilon} = 0,896$$

$$\delta\varepsilon = 0,010$$

$$\delta_r\varepsilon = 1,12\%$$

5 Závěr

Emisivitu destičky natřenou černým lakem jsem naměřil: $\varepsilon = 0,896$, $\delta\varepsilon = 0,010$ $\delta_r\varepsilon = 1,12\%$. Emisivitu destičky s lesklým povrchem jsem naměřil: $\varepsilon = 0,470$ $\delta\varepsilon = 0,019$ $\delta_r\varepsilon = 4,04\%$. Emisivita absolutně černého tělesa: $\varepsilon = 0,987$, $\delta\varepsilon = 0,002$, $\delta_r\varepsilon = 0,20\%$.

Dále jsem zjistil, že odchylka uvedená výrobcem, která činí 1° nebo 1% z naměřené hodnoty je větší, než naměřené odchylky. A